

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-272892

(43)Date of publication of application : 26.09.2003

(51)Int.Cl.

H05G 2/00
G02B 26/06
G02B 26/08
G21K 5/02
H01L 21/027
H01S 3/00
H05H 1/24

(21)Application number : 2002-073364

(71)Applicant : KAWASAKI HEAVY IND LTD
JAPAN ATOM ENERGY RES INST

(22)Date of filing : 15.03.2002

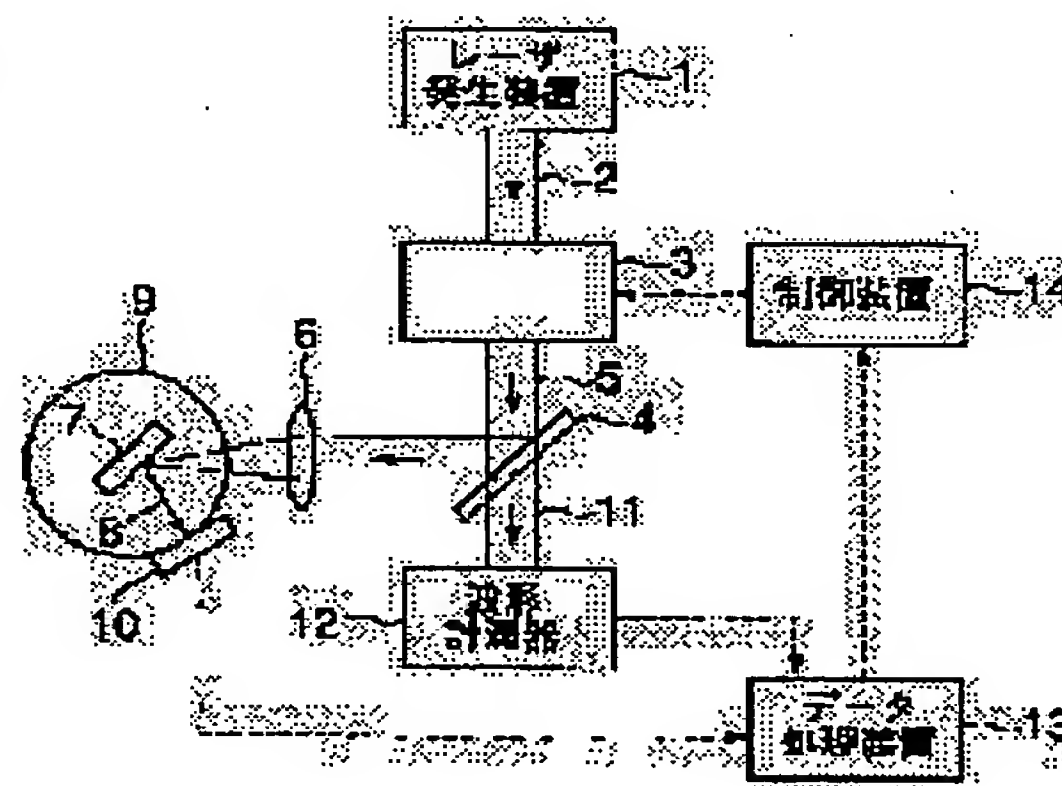
(72)Inventor : MURO MIKIO
FUJII SADA0
YAMAKAWA KOICHI

(54) X-RAY GENERATING METHOD AND X-RAY GENERATING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an X-ray generating device equipped with a function to adjust pulse laser to control X-ray intensity selectively, especially of a necessary specific wavelength in a device generating X-ray by applying ultra short light pulse laser or the like to a target.

SOLUTION: The X-ray generating device is provided to measure X-ray intensity property by an X-ray spectroscope 10, feedback the measured result of the X-ray intensity of a specific wavelength to a control device 14, control time waveform of a laser beam on a target 7 at a light condensing position by changing an effective optical path length for every part of a laser light flux spreading to a vertical direction to a light axis in an optical transmission path by a space phase distribution adjustment structure 3, and then make the X-ray intensity of the specific wavelength properly.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.03.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3633904

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-272892
(P2003-272892A)

(43) 公開日 平成15年9月26日 (2003.9.26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマト* (参考)
H 0 5 G 2/00		G 0 2 B 26/06	2 H 0 4 1
G 0 2 B 26/06		26/08	J 4 C 0 9 2
26/08		G 2 1 K 5/02	X 5 F 0 4 6
G 2 1 K 5/02		H 0 1 S 3/00	Z 5 F 0 7 2
H 0 1 L 21/027		H 0 5 H 1/24	

審査請求 有 請求項の数16 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2002-73364(P2002-73364)	(71) 出願人	000000974 川崎重工業株式会社 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
(22) 出願日	平成14年3月15日 (2002.3.15)	(71) 出願人	000004097 日本原子力研究所 千葉県柏市末広町14番1号
		(72) 発明者	室 幹雄 千葉県野田市二ツ塚118番地 川崎重工業株式会社野田工場内
		(74) 代理人	100104341 弁理士 関 正治

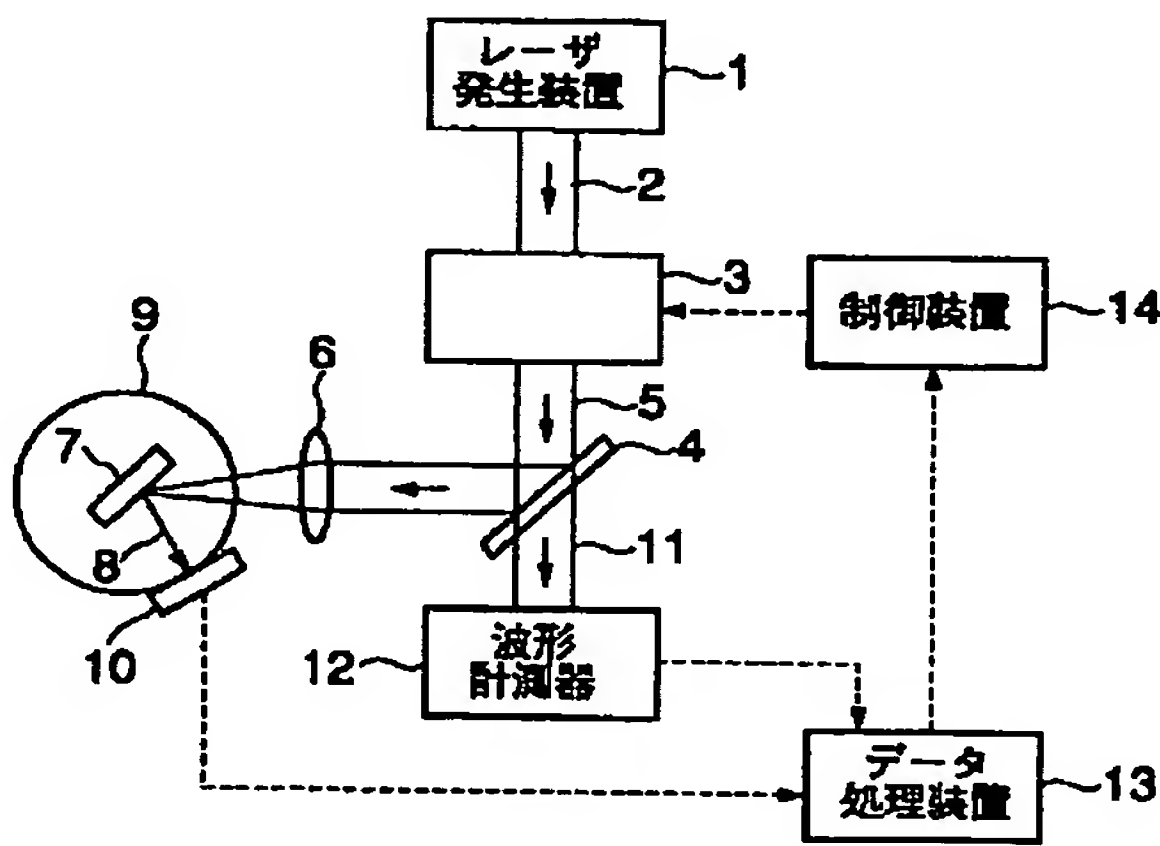
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 X線発生方法およびX線発生装置

(57) 【要約】

【課題】 超短光パルスレーザなどをターゲットに照射してX線が発生させる装置において、X線の強度、特に必要とする特定波長のX線強度を選択的に制御するようにパルスレーザを調整する機構を備えたX線発生装置を提供する。

【解決手段】 X線分光器10によりX線強度特性を測定し、特定波長のX線強度の測定結果を制御装置14にフィードバックして、空間位相分布調整機構3により光伝送路中で光軸に垂直な方向に広がったレーザ光束の部分毎に実効的な光路長を変化させることにより、ターゲット7上の集光位置におけるレーザビームの時間波形を制御して、特定波長のX線強度が適正なものとなるようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザビームをターゲットに集光照射してX線を発生させるX線発生装置において、スペクトルがレーザビームの伝送路中で光軸に垂直な方向に広がりフーリエ面を形成する光束の部分毎に実効的な光路長を変化させて空間位相分布を調整して前記ターゲットに集光した位置における該レーザビームのパルス時間波形を所定のパターンに整形し、前記調整後のレーザビームを収束してターゲットに集光する方法であって、発生するX線の強度特性を測定し、該測定結果に基づいてX線強度が適正なものとなるように該レーザビームのパルス時間波形を調整することを特徴とするX線発生方法。

【請求項2】 さらに前記空間位相調整後のレーザビームの波面状態をモニタして前記レーザビームの時間波形調整状況を確認できるようにすることを特徴とする請求項1記載のX線発生方法。

【請求項3】 前記フーリエ面を形成する光束は、スペクトル分解光学素子により形成されることを特徴とする請求項1または2記載のX線発生方法。

【請求項4】 前記測定するX線の強度特性は波長特性を含み、特定の波長におけるX線強度の計測値に基づいて、前記パルス時間波形の調整を行うことを特徴とする請求項1から3のいずれかに記載のX線発生方法。

【請求項5】 前記レーザ光に超短光パルスレーザを使用することを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載のX線発生方法。

【請求項6】 前記ターゲットに集光した位置におけるレーザビームのパルス時間波形パターンが複数のピークを持つものであることを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載のX線発生方法。

【請求項7】 前記パルス時間波形が2個のピークを持ち、先行するパルスと後続のパルスの強度比と時間間隔をパラメータとしてレーザビームの空間位相分布を調整することを特徴とする請求項6記載のX線発生方法。

【請求項8】 レーザビームをターゲットに照射してX線を発生させるX線発生装置において、レーザビーム伝送光学系中でレーザビームのスペクトルを光軸に垂直な方向に分解する機構とレーザビームの空間位相分布調整機構とレーザビームの収束機構を備え、ターゲット部に発生X線の強度を測定するX線測定装置を配設し、該X線測定装置によりX線の強度を測定し、該測定結果に基づいて前記空間位相分布調整機構により前記光束の部分毎に実効的な光路長を調整して、前記ターゲットに集光した位置におけるレーザビームのパルス時間波形が複数のピークを持つ所定のパターンになり、かつX線強度が適正なものとなるように調整することを特徴とするX線発生装置。

【請求項9】 さらに、前記空間位相分布調整機構を通過した位置にレーザビームのパルス波形を測定する測定装置を配設し、該レーザビームのパルス時間波形をモニ

タして前記空間位相分布調整機構の調整状態を適正化することを特徴とする請求項8記載のX線発生装置。

【請求項10】 前記レーザビームのスペクトルを分解する機構は、回折格子やプリズムを含むスペクトル分解光学素子によりレーザビーム伝送光学系中にレーザビームのスペクトルを分解して空間に展開することを特徴とする請求項8または9記載のX線発生装置。

【請求項11】 前記レーザビームのスペクトルを展開する機構が、超短光パルスレーザのチャープ増幅機構に用いるパルスストレッチャーまたはパルスコンプレッサで構成されることを特徴とする請求項10記載のX線発生装置。

【請求項12】 前記レーザ光が超短光パルスレーザであることを特徴とする請求項8から11のいずれかに記載のX線発生装置。

【請求項13】 前記X線測定装置は、波長特性を測定することができるもので、特定の波長におけるレーザ強度に基づいて前記空間位相分布調整機構を調整することを特徴とする請求項8から12のいずれかに記載のX線発生装置。

【請求項14】 前記空間位相分布調整機構は、可変形鏡を備えてレーザビーム入射位置毎に反射面の凹凸を局所的に調整してレーザビームの実効的な光路長を制御することを特徴とする請求項8から13のいずれかに記載のX線発生装置。

【請求項15】 前記空間位相分布調整機構は、局所的に屈折率を調整することができる透過型光学素子を用いてレーザビームの実効的な光路長を制御することを特徴とする請求項8から13のいずれかに記載のX線発生装置。

【請求項16】 前記パルス時間波形が2個のピークを持ち、先行するパルスと後続のパルスの強度比と時間間隔をパラメータとしてレーザビームの空間位相分布を調整することを特徴とする請求項8から15のいずれかに記載のX線発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザ光をターゲットに照射してX線を発生させるX線発生方法および装置に関し、特に高出力超短光パルスレーザを使用して特定波長のX線を発生させるX線発生方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】高強度レーザ光を金属表面に照射すると金属表面に形成されるプラズマから高輝度のX線が発生する。特に超短光パルスレーザ光を用いることにより比較的低いエネルギーで極めて高輝度のX線が得られる。超短光パルスレーザをターゲットに照射してX線を得るようにしたX線発生装置では、X線出力は、ターゲットの材質や形状、レーザビームの波長、空間強度分布や時

間波形など、非常に多くのパラメータに左右される。

【0003】しかし、従来のX線出力制御は、レーザービームの総合的強度すなわち波長全体にわたる積分値としてのエネルギー強度、あるいはパルスレーザーを用いるときはパルス間隔の調整などによる方法が用いられているため、X線出力を精密に制御することは難しかった。また、従来は、レーザービームの集光系の焦点をずらすなどしてレーザーパルスX線のエネルギー強度を調整するようにしているが、レーザー自体の空間強度分布を変化させることができないため、最適な調整をすることができなかった。

【0004】たとえば、特開平9-184900には、発生したX線の強度を測定してX線露光量が設定値と一致するように最後のパルスレーザーショットの強度を調整するようにしたパルスX線照射装置が開示されている。ビーム強度調整は、光路中に設けた透過率可変フィルターや、Qスイッチレーザー装置におけるQスイッチの作動開始信号とレーザー媒質の励起開始信号の時間差を用いるなどの方法によって行っている。この装置によれば、パルスX線源の出力がショット毎に揺らいでも設定X線照射量と積算X線照射量を一致させることができる。

【0005】また、初めに予備的なレーザーパルスをターゲットに照射してプラズマを発生させ、その後に主パルスを照射してプラズマから所定のX線を放出させることにより、効率よくパルスレーザーX線を発生させることができることが知られている。従来、このような目的で使用するレーザービームの時間波形を得る方法として、パルスモジュレーションなどの励起用フラッシュランプの光量を電氣的に制御する方法があった。しかしこの方法では、ms水準のパルス間隔を形成するのが限界で、特にpsからfs水準の超短光パルスレーザーの時間波形を制御することはできなかった。

【0006】超短光レーザーパルスを対象とするものとして、特開平8-213192に、レーザービームをビームスプリッターで主パルスと副パルスに2分し、主パルスを遅延回路に通して遅延させ、副パルスを先進パルスとして主パルス（遅延パルス）の前に金属ターゲットに照射して予備プラズマを発生させるようにして、遅延時間制御によりX線量を変調させるようにしたレーザープラズマX線発生装置が開示されている。この開示装置では、入力レーザービームの全体をビームスプリッターで2分し、光路長が異なる別々のレーザービーム伝送路を走行させて一方を他方に対して遅延させることにより2個のピークを持った時間波形を有するレーザービームを形成して、X線の発生量を制御している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、X線の作用を利用するときには、単にその総体的なエネルギーを問題にするのではなく、化学物質や生体物質の吸収反応、単波長X線を使用した集積回路の製造など、特定波長におけ

るX線作用が重大な関心となる場合も多い。ところが、特定のスペクトル線の強度を制御する簡単な方法はまだ開発されていない。そこで、本発明が解決しようとする課題は、超短光パルスレーザーなど高強度のレーザービームをターゲットに照射してX線を発生させる装置であって、X線の強度、特に必要とする特定波長のX線強度を選択的に制御するようにパルスレーザーを調整する機構を備えたX線発生装置を提供することである。

【0008】

10 【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、レーザー光をターゲットに照射してX線を発生させるX線発生装置に適用する本発明のX線発生方法は、伝送路中でレーザー光のスペクトルが光軸に垂直な方向に広がりフーリエ面を形成する光束の部分毎に実効的な光路長を変化させて空間位相分布を調整し、その後に再び収束してターゲットに集光させるもので、レーザービームの空間位相分布を調整して集光位置におけるレーザービームのパルス時間波形を所定のパターンにすると共に、発生するX線の強度特性を測定し、X線強度特性の測定結果に基づいてX線強度が適正なものとなるようにレーザービームのパルス時間波形を調整することを特徴とする。

20 【0009】本発明のX線発生方法によれば、1個のパルスレーザー中で回折格子やプリズムなどのスペクトル分解光学素子を用いるなどしてスペクトルが光軸に垂直な方向に広がった光束（フーリエ面）を部分毎に光路長が異なるように調整することによりレーザービームの空間位相分布を調整するので、再び収束してターゲット面に照射されるレーザービームは適当な位置にピークを持った時間波形を有するようにすることができる。そこで、発生したX線の特性を測定して、その測定結果をレーザービームの空間強度分布パターンにフィードバックすることにより、X線の発生を制御するので、目的の特性が最適な値を取るようなX線を効率よく発生させることができる。

30 【0010】なお、伝送光学系中のレーザービームの波面状態をモニタしてレーザービームの空間強度分布調整状況を確認すると共に、空間強度分布に係るパラメータを適当に調整してX線を適正化するようにすることが好ましい。ターゲット位置におけるレーザービームの空間強度分布を直接知る方法はないが、伝送ビームの一部をビームスプリッターで分岐してその集光パターン（ファールドパターン）からターゲット位置における空間強度分布を推定したり、調整結果をレーザービームの波面状態から推定することができるからであり、またレーザービームの波面状態を直接的に知ることにより空間強度分布パターンを左右するパラメータを調整したときなどに結果を的確に把握することができるからである。

40 【0011】X線の強度特性として波長特性を測定し、目的とする特定波長におけるX線強度の計測値に基づいて、レーザービームの波面状態の調整を行うことができる

ようにしてもよい。発生させるX線は目的によって決まる所定の波長成分の強度が強くなるようにすることが好ましい。X線の波長特性が測定できれば、目的波長のX線強度を測定して、この強度が大きくなるように空間強度分布を調整するようにすることができる。

【0012】なお、本発明の方法は、パルス幅がピコ秒からフェムト秒しかない超短光パルスレーザを用いてX線を発生させる場合にも適用することができる。超短光パルスレーザを用いると、短時間ではあるが極めて高い強度のエネルギーを与えることができるので、ターゲット物質を効率よくプラズマ化し効率的なX線発生が可能である。また、超短光パルスレーザは幅の広いスペクトル特性を有するので、空間位相分布変化機構は効果的に作用する。

【0013】ここで、ターゲットに集光した位置におけるレーザビームの時間波形は、いくつかのピークを有するものが好ましく、特に2個のピークがあって、時間的に先行するピークがターゲットを予熱してプラズマを放出させ後続のピークでプラズマを加熱してX線を放出させるようにすると、先行パルスが予めターゲット表面にプラズマを生成することによって、後続の主パルスの吸収率を高め、また所定のX線を発生させる温度状態を維持する時間を長くするので、プラズマエネルギーに対応する特性を持ったX線を効率的に発生させることができる。

【0014】なお、2個のピークの強度比と時間間隔がX線の発生量と大きな相関を有するので、これらをパラメータとしてレーザビームの空間位相分布状態を調整してX線発生量を制御することができる。このように、発生するX線とレーザビーム特性との相関関係にしたがって、ターゲットから発生するX線の波長特性を測定して空間位相分布変化機構にフィードバックすることにより、所定の波長におけるX線強度を自動的に制御することができる。

【0015】また、上記課題を解決するため、本発明のX線発生装置は、レーザビーム伝送光学系中にレーザビームのスペクトルを光軸に垂直な方向に展開する機構とレーザビームの空間位相分布調整機構とレーザビームの収束機構を備え、ターゲット部に発生X線の強度を測定するX線測定装置を配設し、このX線測定装置によりX線の強度を測定し、その測定結果に基づいて空間位相分布調整機構によりレーザビームのスペクトル毎の実効的な光路長を調整することにより、ターゲットに集光した位置におけるレーザビームのパルス時間波形が複数のピークを持つ所定のパターンになり、かつX線強度が適正なものとなるように調整することを特徴とする。

【0016】本発明のX線発生装置は、X線の特性を測定した結果に基づき、推定して求めるターゲット位置における時間波形になるようにレーザビームの波面状態を調整するので、発生するX線の性状を望まれる最適な状

態に制御することができる。さらに、本発明のX線発生装置において、レーザビーム伝送光学系中にレーザビームの時間波形を測定する測定装置を配設し、レーザビームの波面状態をモニタして空間位相分布調整機構のレーザビーム調整方法を適正化することが好ましい。

【0017】なお、使用するレーザ光は超短光パルスレーザであってもよい。レーザビームのスペクトルを展開する機構は、超短光パルスレーザのチャープ増幅機構に用いるパルスストレッチャーまたはパルスコンプレッサで構成することができる。さらに、X線測定装置は、波長特性を測定するもので、測定結果から抽出した特定の波長におけるレーザ強度に基づいて空間位相分布調整機構を調整するように構成することが好ましい。X線の波長特性を測定することにより、X線発生装置に要求される特定波長のX線を選択的に制御することができる。

【0018】なお、ターゲット位置におけるレーザの時間波形は、たとえば可変形鏡を用いた空間位相分布変化機構で、反射位置の表面に局所的に凹凸を形成して反射するレーザビームの光路長を変化させることにより調整することができる。可変形鏡表面の1mmの凹凸は約3psの時間変化を作り出す光路長変化に対応する。X線強度に対する影響は数fsの時間間隔から観察されているので、可変形鏡を用いることにより十分な作用効果がある。

【0019】また、液晶や音響光学素子など局所的に屈折率を変化させることができる光透過物質を用いて空間位相変化機構を構成することもできる。なお、ターゲットに集光した位置におけるレーザビームの時間波形は、特に2個のピークをもつもので、ピーク強度比あるいはピーク間隔を調整することにより、特定波長のX線発生量を制御することができる。

【0020】

【発明の実施の形態】以下実施例を用いて本発明を詳細に説明する。図1は本実施例のX線発生装置の構成を示すブロック図、図2は本実施例に用いる空間位相分布調整機構の例を示す概念図、図5は集光位置におけるレーザビームの時間波形例を示す図面、図4は本実施例の装置における制御の流れを示したフロー図、図5は本実施例に用いる空間位相分布調整機構の別の例を示す概念図である。

【0021】本実施例のX線発生装置は、図1に示すように、超短光パルスレーザ発生装置1、空間位相分布調整機構3、反射鏡4、レンズ6、真空容器9内にセットされたターゲット7、X線分光器10、波形計測器12、データ処理装置13、制御装置14を備える。超短光パルスレーザ発生装置1で発生するレーザビーム2を空間位相分布調整機構3で波面位相分布調整した後、反射鏡4でレンズ6に投入して真空容器9内にセットされたターゲット7に集光させ、発生したプラズマからX線8を発生させる。

【0022】真空容器9にはX線分光器10がX線利用に障碍にならないように設けられていて、発生したX線8のX線強度波長分布を測定する。また、反射鏡4は、レーザビームの一部を透過する性質を有し、透過したレーザ11はレーザビームの時間的な光強度変化を計測する波形計測器12に入射する。

【0023】空間位相分布調整機構3は、レーザビームを空間に展開して部分的に実効的光路長を変化させ、時間波形を所定のパターンに調整するものである。図2に示す空間位相分布調整機構3は、1対の回折格子31、32の間に2枚の凸レンズ(コリメーションレンズ)または凹面鏡33、34を配置し、その凸レンズまたは凹面鏡の中間に空間周波数フィルターとなる液晶などの透過型光学素子35を挿入したものである。入射する超短光パルスレーザを反射鏡36により回折格子31に案内し、回折格子31で変成されたビームを凸レンズ33で平行光束にすると、光軸に垂直な方向に波長にしたがって展開され波長成分が空間的に分布するいわゆるフーリエ面が形成される。

【0024】このフーリエ面に挿入された透過型光学素子35は、フーリエ面の部分毎に屈折率を変化させて実効的な光路長を変化させることにより、空間位相分布を調整する。たとえば液晶は、印加する電界により結晶状態が連続的に変化するので、区分毎の印加電圧を調整することにより光透過面の部分毎に光屈折率を調整することができる。空間位相分布調整機構3は、制御装置14から与えられる制御信号に従って、たとえば、長波長側の屈折率を小さく短波長側の屈折率を大きくして、部分毎の通過時間に差を与えると、レーザビームが時間的に2分され、一部のエネルギーが先行し一部のエネルギーが遅延するようになる。

【0025】この光束は凸レンズで回折格子面に収束させ、再び細いレーザビームに合成されて反射鏡で入射ビームと同じ光軸上に射出され、収束レンズ6によりターゲット7に集光させる。集光位置におけるレーザビームの時間波形は、図3に示すように、光強度値 P_s の先行パルスと先行パルスに対して時間 b だけ遅延した光強度値 P_m の主パルスとからなる。

【0026】先行パルスはターゲット7の表面にプラズマを発生させ、主パルスのエネルギーの吸収効率を向上させる。また、1ショット分の超短光パルスレーザのエネルギーが変わらないときに、先行パルスと主パルスに配分するエネルギーを調整することにより、適正なプラズマ温度を保持する時間をより長くすることができる。また、両パルスの時間間隔 b はX線の発生量に影響を与える。したがって、X線分光器10により発生したX線の波長特性を計測し、データ処理装置13で必要とする波長のX線の強度を算定した結果に基づいて、制御装置14で先行パルスの光強度値 P_s と主パルスの光強度値 P_m の比率やパルスの時間間隔 b を調整することにより、X線

の波長成分や強度を自動的に制御することができる。

【0027】本実施例のX線発生装置における制御手順を図4に概略的に示す。X線分光器10が、発生したX線8のX線強度波長分布を測定し、測定結果はデータ処理装置13に送信される(S1)。データ処理装置13は、X線強度分布の測定結果に基づいて所定の波長における強度など目的に対応したX線スペクトルの評価をする(S2)。さらに、評価結果に基づいて制御パラメータの変動させるべき量を算定して、制御装置14に指示信号を供給し(S3)、制御装置14が空間位相分布調整機構3における液晶などの透過型光学素子35を作動させてフーリエ面の部分毎に光路長を変化させレーザビーム波の位相を調整することにより(S4)、レーザビームが集光するターゲット7表面における時間波形を調整し、ターゲット7の表面に発生するプラズマから放出されるX線の波長分布が望ましいパターンになるようにする。

【0028】また、波形計測器12は、光学素子35でレーザビームの時間波形を調整した結果を測定し、計測結果をデータ処理装置13に与える(S5)。データ処理装置13は、X線スペクトルの測定結果とレーザビームの時間波形計測結果を突き合わせることで、必要なX線特性を得るために適当なレーザビームの時間波形を判定し、上記手順S3における制御装置14に対する指示信号を生成する(S6)。

【0029】本実施例のレーザプラズマX線発生装置は、フーリエ面に周波数展開したレーザビームの部分毎に実効的な光路長を変化させて、再収束したときにレーザビームの時間波形が先行パルスと主パルスを有するように調整して、ターゲットに予めプラズマを発生させて効率よくX線を発生させることができる。しかも、X線特性と発生量を支配する先行パルスと主パルスの光強度比と時間間隔を容易に調整することができるので、X線分光器による測定結果をフィードバックして自動的にX線出力制御を行うことができる。

【0030】したがって、たとえばX線を利用するために必要なある特定の波長におけるX線強度を検出して、これが最大になるように調整することができる。なお、空間位相分布調整機構3で調整した状態は波形計測器12により確認することができる。レーザビームの時間波形の測定結果はX線強度との関連性を解析して、パルス時間間隔やパルス強度比を最適にするために利用する。さらに、たとえばパルス時間間隔をパラメータとして順次走査する制御系を用いて、最適なパルス強度比を自動的に探索することも可能である。

【0031】なお、本実施例のX線発生装置は、ターゲットの材質や形状あるいは表面加工状態が異なっても、同様の手順でレーザ集光ビームの空間強度分布を最適化して目的のX線の強度調整を行うことができる。また、本実施例では超短光パルスレーザを使用した。他のレ

ーザ光を利用する場合においても全く同じ機構を適用することができることはいうまでもない。さらに、本実施例の説明では、レーザービームを回折格子でフーリエ面に拡げて空間位相分布の調整を行ったが、単に光束を拡幅したものに対して空間位相分布調整を行ってもよい。

【0032】図5は、本実施例において、透過型光学素子に代えて可変形鏡からなる反射光学系を利用した空間位相分布調整機構3の例を説明するブロック図である。可変形鏡は、たとえば薄い石英板の表面に反射コーティングを施した反射鏡板の裏に積層ピエゾ素子をアレイ状にならべて、各ピエゾ素子に加える電圧を調整し電歪効果を用いて鏡面を任意に変形させるようにしたものである。なお、これ以外にもバイモルフ型やメムレン型などの可変形鏡がある。反射面の凹凸を調整することにより実効的な光路長を変化させてターゲットに到達する時間を調整することができる。反射光学系を使用すると、よりエネルギーの強いレーザー光を扱うことができる。

【0033】可変形鏡を用いた空間位相分布調整機構3は、図に示すように、超短光パルスレーザーは反射鏡46により回折格子41に導入され凸レンズ43で光軸に垂直な方向に周波数分解された平行光束となって可変形鏡45に入射する。可変形鏡45の表面形状は制御装置14により部分毎に任意に調整をして、たとえば図中の左側部分を突出させ右側部分を後退させた段付き形状などに形成される。可変形鏡表面の1mmの凹凸は約6psの時間変化を作り出す光路長変化に相当する。可変形鏡45で反射した平行光束は、凸レンズ44で回折格子面42に収束され、反射鏡47により元の光軸を持ったレーザービームとしてターゲット表面にレーザーを集光する収束レンズの方向に放出される。

【0034】突出させた表面で反射する光線と後退した表面で反射する光線とでは光路長が異なるので、反射鏡47から放出されターゲットに照射されるレーザービームは2個のピークを持った時間波形を有することになる。X線強度に対する影響は数fsの時間間隔から観察されているので、可変形鏡を用いることにより十分な作用効果がある。なお、可変形鏡の表面形状は任意に選択できるので、レーザービームの時間波形にピーク毎の強度やピーク間の時間間隔を調整したり、複数のピークを持たせ*

*たりすることができる。

【0035】

【発明の効果】本発明のX線発生装置またはX線発生方法を用いれば、レーザーによりプラズマを発生してX線を放出させる場合に、X線の強度調整をすることができ、特に特定波長のX線の強度を選択的に調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例におけるX線発生装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本実施例に用いる空間位相分布調整機構の例を示す概念図である。

【図3】本実施例の装置における集光位置におけるレーザービームの時間波形例を示す図面である。

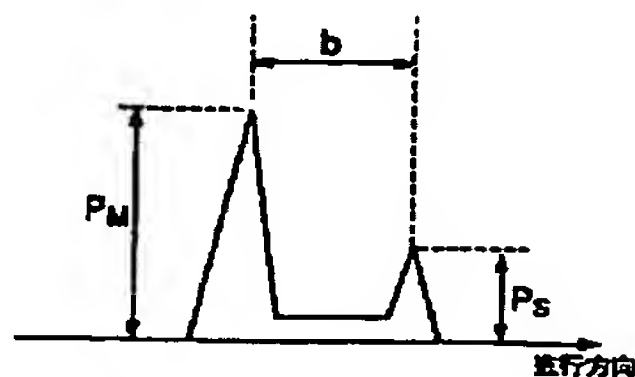
【図4】本実施例の装置における制御の流れを示したフロー図である。

【図5】本実施例に用いる空間位相分布調整機構の別の例を示す概念図である。

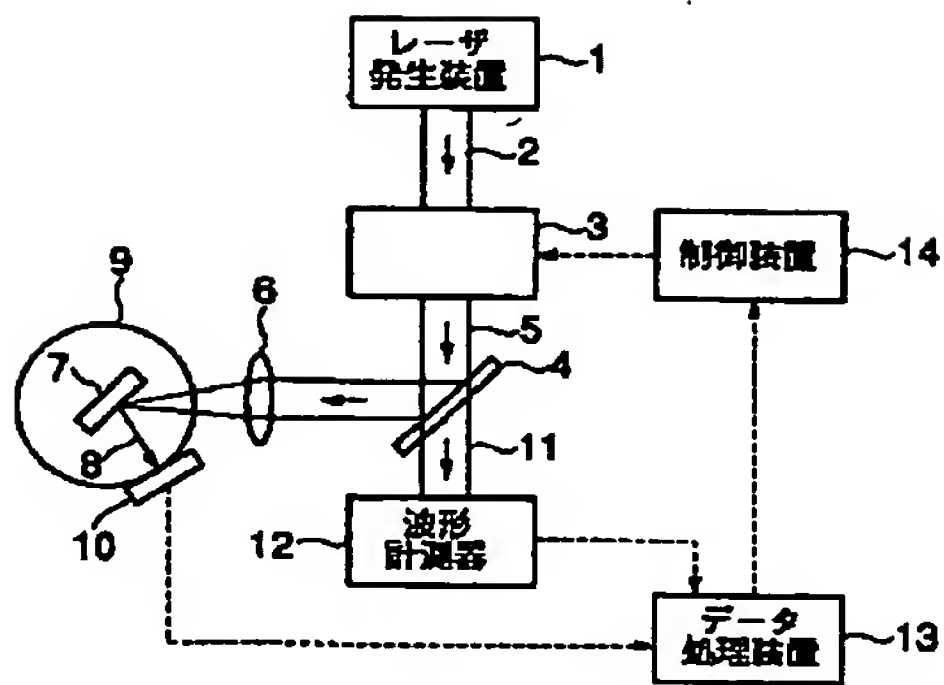
【符号の説明】

- | | |
|----------|----------------------|
| 1 | 超短光パルスレーザー発生装置 |
| 2, 5, 11 | レーザービーム |
| 3 | 空間位相分布調整機構 |
| 4 | 反射鏡 |
| 6 | 凸レンズまたは凹面鏡 |
| 7 | ターゲット |
| 8 | X線 |
| 9 | 真空容器 |
| 10 | X線分光器 |
| 12 | 波形計測器 |
| 13 | データ処理装置 |
| 14 | 制御装置 |
| 31, 32 | 回折格子 |
| 33, 34 | 凸レンズまたは凹面鏡 |
| 35 | 空間周波数フィルターである透過型光学素子 |
| 36, 37 | 反射鏡 |
| 41, 42 | 回折格子 |
| 43, 44 | 凸レンズまたは凹面鏡 |
| 45 | 可変形鏡 |
| 46, 47 | 反射鏡 |

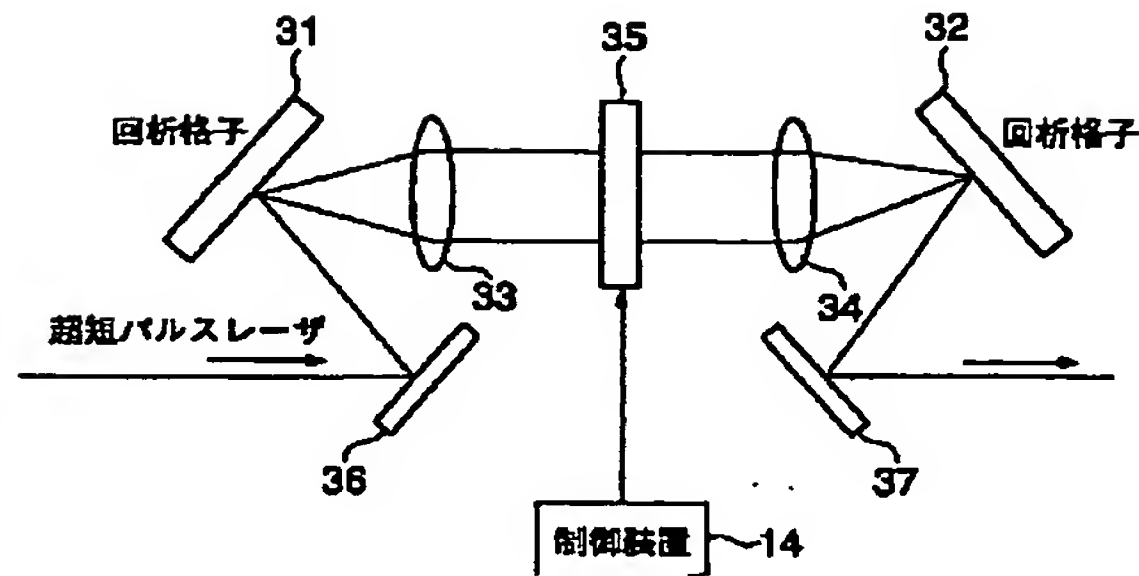
【図3】



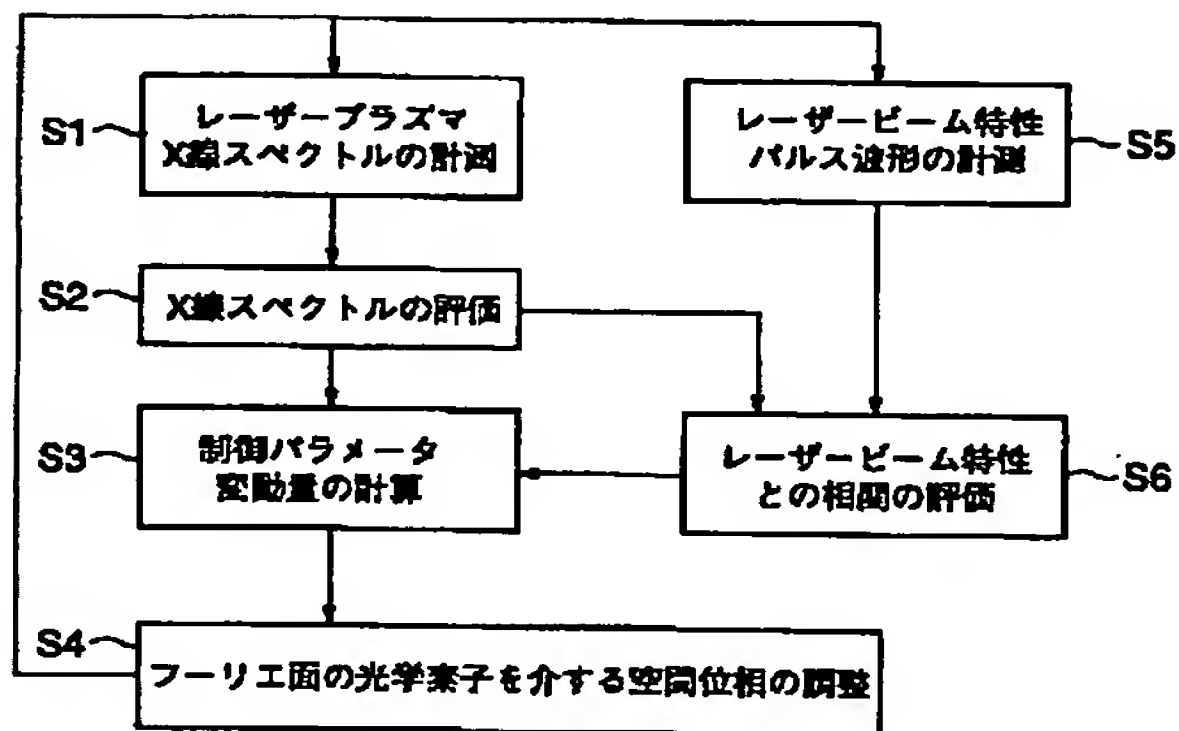
【図1】



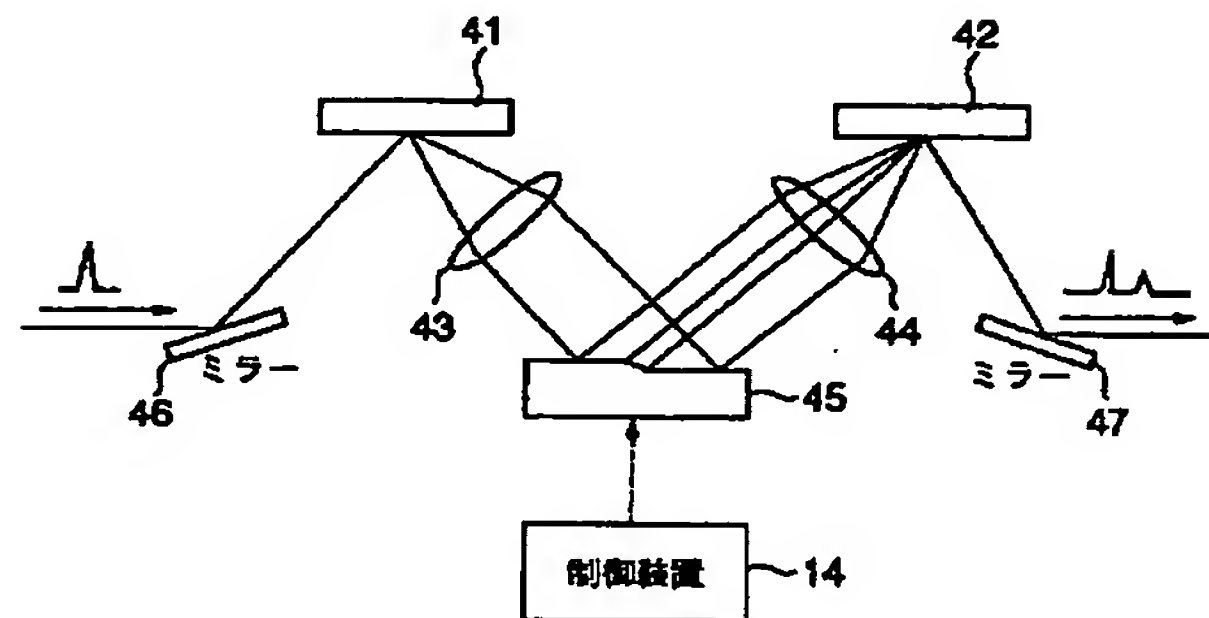
【図2】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

H01S 3/00

H05H 1/24

識別記号

F I

H05G 1/00

H01L 21/30

テーマコード(参考)

K

531S

(72)発明者 藤井 貞夫

千葉県野田市二ツ塚118番地 川崎重工業
株式会社野田工場内

(72)発明者 山川 考一

京都府相良郡木津町梅美台8丁目1番 日
本原子力研究所 関西研究所内

Fターム(参考) 2H041 AA23 AB12 AB38 AC08 AZ05

4C092 AA06 AA17 AB22 AC09 AC20

CC03 CD10 CE20 CF02 CF47

5F046 GC05

5F072 HH07 JJ02 KK05 KK07 KK15

RR07 SS08

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-272892

(43)Date of publication of application : 26.09.2003

(51)Int.Cl.

H05G 2/00
G02B 26/06
G02B 26/08
G21K 5/02
H01L 21/027
H01S 3/00
H05H 1/24

(21)Application number : 2002-073364

(71)Applicant : KAWASAKI HEAVY IND LTD
JAPAN ATOM ENERGY RES INST

(22)Date of filing : 15.03.2002

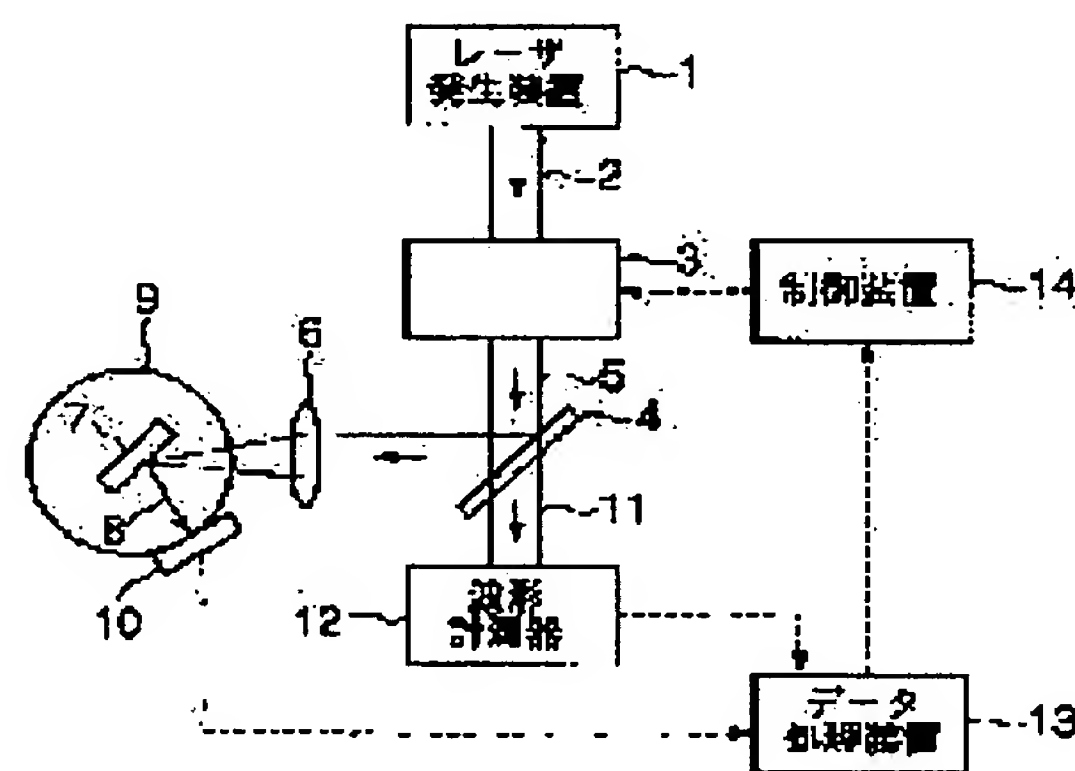
(72)Inventor : MURO MIKIO
FUJII SADA0
YAMAKAWA KOICHI

(54) X-RAY GENERATING METHOD AND X-RAY GENERATING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an X-ray generating device equipped with a function to adjust pulse laser to control X-ray intensity selectively, especially of a necessary specific wavelength in a device generating X-ray by applying ultra short light pulse laser or the like to a target.

SOLUTION: The X-ray generating device is provided to measure X-ray intensity property by an X-ray spectroscope 10, feedback the measured result of the X-ray intensity of a specific wavelength to a control device 14, control time waveform of a laser beam on a target 7 at a light condensing position by changing an effective optical path length for every part of a laser light flux spreading to a vertical direction to a light axis in an optical transmission path by a space phase distribution adjustment structure 3, and then make the X-ray intensity of the specific wavelength properly.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

15.03.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3633904

[Date of registration]

07.01.2005

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the X-ray generator which carries out convergent radiotherapy of the laser beam to a target, and is made to generate an X-ray The pulse period wave of this laser beam in the location which the spectrum changed the effectual optical path length for every part of the flux of light which forms a breadth fourier side in the direction perpendicular to an optical axis all over the transmission line of a laser beam, adjusted space phase distribution, and condensed at said target is orthopedically operated to a predetermined pattern. The X-ray generating approach characterized by adjusting the pulse period wave of this laser beam so that it may be the approach of converging the laser beam after said adjustment and condensing at a target, the strength property of the X-ray to generate may be measured and X-ray intensity may become proper based on this measurement result.

[Claim 2] The X-ray generating approach according to claim 1 characterized by carrying out the monitor of the wave-front condition of the laser beam after said space phase adjustment furthermore, and enabling it to check the time amount wave adjustment situation of said laser beam.

[Claim 3] The flux of light which forms said fourier side is the X-ray generating approach according to claim 1 or 2 characterized by being formed of a spectral decomposition optical element.

[Claim 4] The strength property of said X-ray to measure is the X-ray generating approach given in either of claims 1-3 characterized by performing adjustment of said pulse period wave based on the measurement value of the X-ray intensity in specific wavelength including a wavelength property.

[Claim 5] The X-ray generating approach given in either of claims 1-4 characterized by using ultrashort light pulse laser for said laser beam.

[Claim 6] The X-ray generating approach given in either of claims 1-5 characterized by being that in which the pulse period wave pattern of the laser beam in the location which condensed at said target has two or more peaks.

[Claim 7] The X-ray generating approach according to claim 6 characterized by for said pulse period wave having two peaks, and adjusting space phase distribution of a laser beam by making the intensity ratio and time interval of a pulse and a consecutive pulse to precede into a parameter.

[Claim 8] In the X-ray generator which irradiates a laser beam at a target and is made to generate an X-ray It has the device and the space phase distribution adjustment device of a laser beam which disassemble the spectrum of a laser beam in the direction perpendicular to an optical axis in laser beam transmission optical system, and the convergence device of a laser beam. Arrange in the target section the X-ray measuring device which measures the reinforcement of a generating X-ray, measure the reinforcement of an X-ray with this X-ray measuring device, and said space phase distribution adjustment device adjusts the effectual optical path length for every part of said flux of light based on this measurement result. The X-ray generator characterized by adjusting so that it may become the predetermined pattern in which the pulse period wave of the laser beam in the location which condensed at said target has two or more peaks and X-ray intensity may become proper.

[Claim 9] Furthermore, the X-ray generator according to claim 8 characterized by arranging the measuring device which measures the pulse shape of a laser beam in the location which passed said space phase distribution adjustment device, carrying out the monitor of the pulse period wave of this laser beam, and rationalizing the adjustment condition of said space phase distribution adjustment device.

[Claim 10] The device which disassembles the spectrum of said laser beam is an X-ray generator according to claim 8 or 9 characterized by for the spectral decomposition optical element containing a diffraction grating or prism decomposing the spectrum of a laser beam into laser beam transmission optical system, and developing to space.

[Claim 11] The X-ray generator according to claim 10 characterized by the device which develops the spectrum of said laser beam consisting of the pulse stretchers or pulse compressors which are used for the chirp multiplication mechanism of ultrashort light pulse laser.

[Claim 12] An X-ray generator given in either of claims 8-11 characterized by said laser beam being ultrashort light pulse laser.

[Claim 13] Said X-ray measuring device is an X-ray generator given in either of claims 8-12 characterized by being able to measure a wavelength property and adjusting said space phase distribution adjustment device based on the laser reinforcement in specific wavelength.

[Claim 14] Said space phase distribution adjustment device is an X-ray generator given in either of claims 8-13 characterized by having a good deformation mirror, adjusting the irregularity of a reflector locally for every laser beam incidence location, and controlling the effectual optical path length of a laser beam.

[Claim 15] Said space phase distribution adjustment device is an X-ray generator given in either of claims 8-13 characterized by controlling the effectual optical path length of a laser beam using the transparency mold optical element which can adjust a refractive index locally.

[Claim 16] An X-ray generator given in either of claims 8-15 characterized by for said pulse period wave having two peaks, and adjusting space phase distribution of a laser beam by making the intensity ratio and time interval of a pulse and a consecutive pulse to precede into a parameter.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the X-ray generating approach and equipment which are made to generate the X-ray of specific wavelength especially using high power ultrashort light pulse laser about the X-ray generating approach and equipment which irradiate a laser beam at a target and are made to generate an X-ray.

[0002]

[Description of the Prior Art] If a high intensity laser beam is irradiated in a surface of metal, the X-ray of high brightness will occur from the plasma formed in a surface of metal. The X-ray of the very high brightness in comparatively low energy is obtained by using especially an ultrashort light pulse laser beam. An X-ray output is influenced by very many parameters, such as the quality of the material of a target, a configuration, wavelength of a laser beam, space intensity distribution, and a time amount wave, in the X-ray generator which irradiates ultrashort light pulse laser at a target, and obtained the X-ray.

[0003] However, since the approach by adjustment of pulse separation etc. was used when using the synthetic reinforcement of a laser beam, i.e., the energy intensity as an integral value covering the whole wavelength, or a pulse laser, the conventional X-ray output control was difficult for controlling an X-ray output to a precision. Moreover, although the focus of the condensing system of a laser beam is shifted and he is trying to adjust the energy intensity of a laser pulse X-ray conventionally, since the space intensity distribution of the laser itself were not able to be changed, optimal adjustment was not able to be carried out.

[0004] For example, the pulse X-ray irradiation equipment which adjusted the reinforcement of the last pulse laser shot to JP,9-184900,A so that the reinforcement of the generated X-ray might be measured and X-ray light exposure might be in agreement with the set point is indicated. Beam adjustment on the strength is performed by using the transmission adjustable filter prepared into the optical path, and the time difference of the actuation start signal of a Q switch, and the excitation start signal of a laser medium in Q switched laser equipment etc. Although the output of a pulse X line source swings for every shot, the amount of setting X-ray irradiation and the amount of addition X-ray irradiation can be made in agreement according to this equipment.

[0005] Moreover, it is known by irradiating a first preliminary laser pulse at a target, generating the plasma, irradiating a main pulse after that, and making a predetermined X-ray emit from the plasma that a pulse laser X-ray can be generated efficiently. There was the approach of controlling electrically the quantity of light of flash lamps for excitation, such as pulse modulation, as an approach of acquiring the time amount wave of the laser beam conventionally used for such the purpose. However, a limitation forms the pulse separation of ms level and it was not able to control the time amount wave of the ultrashort light pulse laser of fs level by this approach from ps especially.

[0006] As a thing for a super-**** laser pulse, as make a laser beam into a main pulse and a subpulse by the beam splitter for 2 minutes, a delay circuit is delayed through a main pulse to JP,8-213192,A, a metal target is irradiated in front of a main pulse (delay pulse) by making a subpulse into an advanced pulse and the reserve plasma is generated, the laser plasma X-ray generator it was made to modulate X dosage by time delay control is indicated. The whole input laser beam is carried out by the beam splitter for 2 minutes, the laser beam which has the time amount wave which had two peaks by making it run the separate laser beam transmission line where the optical path lengths differ, and delaying one side to another side is formed, and the yield of an X-ray is controlled by this indication equipment.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when using an operation of an X-ray, the energy on the whole is not only made an issue of, but the absorption reaction of a chemical or a biological substance, manufacture of the integrated circuit which used the single wavelength X-ray, etc. serve as an interest with the serious X-ray operation in specific wavelength in many cases. However, the easy approach of controlling the reinforcement of the specific spectral line is not developed yet. Then, the technical problem which this invention tends to solve is equipment which irradiates the laser beam of high intensity, such as ultrashort light pulse laser, at a target, and is made to generate an X-ray, and is offering the X-ray generator equipped with the device a pulse laser's being adjusted so that the reinforcement of an X-ray, especially the X-ray intensity of the specific wavelength to need may be controlled alternatively.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, the X-ray generating approach of this invention applied to the X-ray generator which irradiates a laser beam at a target and is made to generate an X-ray. It is the thing which changes the effectual optical path length for every part of the flux of light by which the spectrum of a laser beam forms a breadth fourier side in the direction perpendicular to an optical axis all over a transmission line, space phase distribution is adjusted [thing], and it converges [thing] again after that, and makes a target condense. While adjusting space phase distribution of a laser beam and using the pulse period wave of the laser beam in a condensing location as a predetermined pattern. The strength property of the X-ray to generate is measured and it is characterized by adjusting the pulse period wave of a laser beam so that X-ray intensity may become proper based on the measurement result of an X-ray intensity property.

[0009] Since space phase distribution of a laser beam be adjust by adjust the flux of light (fourier side) to which the spectrum spread in the direction perpendicular to an optical axis using spectral decomposition optical elements , such as a diffraction grating and prism , in one pulse laser so that the optical path lengths may differ for every part according to the X-ray generating approach of this invention , the laser beam on which it converge again and which be irradiate by the target side can have the time-amount wave which had a peak in the suitable location . Then, since generating of an X-ray is controlled by measuring the property of the generated X-ray and feeding back the measurement result to the space intensity-distribution pattern of a laser beam, an X-ray with which the target property takes the optimal value can be generated efficiently.

[0010] In addition, while carrying out the monitor of the wave-front condition of the laser beam in transmission optical system and checking the space intensity-distribution adjustment situation of a laser beam, it is desirable to adjust the parameter related to space intensity distribution suitably, and to rationalize an X-ray. Although there is no method of getting to know the space intensity distribution of the laser beam in a target location directly. Branch by the beam splitter in a part of transmission beam, and presume the space intensity distribution in a target location from the condensing pattern (far field pattern), or It is because an adjustment result can be presumed from the wave-front condition of a laser beam, and is because a result can be exactly grasped when the parameter which influences a space intensity-distribution pattern by getting to know the wave-front condition of a laser beam directly is adjusted.

[0011] A wavelength property is measured as a strength property of an X-ray, and you may enable it to adjust the wave-front condition of a laser beam based on the measurement value of the X-ray intensity in the specific wavelength made into the purpose. As for the X-ray to generate, it is desirable to make it the reinforcement of the predetermined wavelength component decided by the purpose become strong. If the wavelength property of an X-ray can be measured, the X-ray intensity of the purpose wavelength is measured, and space intensity distribution can be adjusted so that this reinforcement may become large.

[0012] In addition, the approach of this invention can be applied also when pulse width generates an X-ray using ultrashort light pulse laser only with a femtosecond from a picosecond. Since the energy of very high reinforcement can be given although it is a short time if ultrashort light pulse laser is used, the target matter is plasma-ized efficiently and the efficient outbreak of an X-ray is possible. Moreover, since ultrashort light pulse laser has spectral characteristics with wide width of face, a space phase distribution change device acts effectively.

[0013] The time amount wave of the laser beam in the location which condensed at the target here. If what has some peaks is desirable, and the plasma is heated at a consecutive peak and it is made to make an X-ray for there to be especially two peaks, and for the peak preceded in time to carry out the preheating of the target, to make the plasma emit, and emit. Since time amount which maintains the temperature condition of raising the absorption coefficient of a consecutive main pulse, and generating a predetermined X-ray when a precedence pulse generates the plasma on a target front face beforehand is lengthened, an X-ray with the property corresponding to plasma energy can be generated efficiently.

[0014] In addition, since the intensity ratio and time interval of two peaks have the yield of an X-ray, and big correlation, the space phase part blanket-like voice of a laser beam can be adjusted by the ability making these into a parameter, and an X-ray yield can be controlled. Thus, the X-ray intensity in predetermined wavelength is automatically controllable by measuring the wavelength property of the X-ray generated from a target according to the correlation of the X-ray and laser beam property to generate, and feeding back to a space phase distribution change device.

[0015] In order to solve the above-mentioned technical problem, moreover, the X-ray generator of this invention It has the device and the space phase distribution adjustment device of a laser beam which develop the spectrum of a laser beam in the direction perpendicular to an optical axis, and the convergence device of a laser beam into laser beam transmission optical system. Arrange in the target section the X-ray measuring device which measures the reinforcement of a generating X-ray, and the reinforcement of an X-ray is measured with this X-ray measuring device. By adjusting the effectual optical path length for every spectrum of a laser beam according to a space phase distribution adjustment device based on the measurement result It is characterized by adjusting so that it may become the predetermined pattern in which the pulse period wave of the laser beam in the location which condensed at the target has two or more peaks and X-ray intensity may become proper.

[0016] Since the X-ray generator of this invention adjusts the wave-front condition of a laser beam so that it may become a time amount wave in the target location for which it presumes and asks based on the result of having measured the property of an X-ray, it is controllable in the optimal condition that description of the X-ray to generate is desired. Furthermore, in the X-ray generator of this invention, it is desirable to arrange the measuring device which measures the time amount wave of a laser beam into laser beam transmission optical system, to carry out the monitor of the wave-front condition of a laser beam, and to rationalize the laser beam adjustment approach of a space phase distribution adjustment device.

[0017] In addition, the laser beam to be used may be ultrashort light pulse laser. The device which develops the spectrum of a laser beam can consist of the pulse stretchers or pulse compressors which are used for the chirp multiplication mechanism of ultrashort light pulse laser. Furthermore, as for an X-ray measuring device, it is desirable to constitute so that a space phase distribution adjustment device may be adjusted based on the laser reinforcement in the specific wavelength which measures a wavelength property and was extracted from the measurement result. By measuring the wavelength property of an X-ray, the X-ray of the specific wavelength required of an X-ray generator is alternatively controllable.

[0018] In addition, the time amount wave of the laser in a target location is the space phase distribution change device in which for example, the good deformation mirror was used, and can be adjusted by changing the optical path length of a laser beam who forms irregularity in the front face of a reflective location locally, and is reflected in it. The irregularity of 1mm of a good deformation mirror front face corresponds to optical-path-length change which makes time amount change of about 3 ps(es). Since the effect to X-ray intensity is observed from the time interval of Number fs, sufficient operation effectiveness has it by using a good deformation mirror.

[0019] Moreover, a space phase change device can also be constituted using light transmission matter to which a refractive index can be changed locally, such as liquid crystal and an acoustooptics component. In addition, especially the time amount wave of the laser beam in the location which condensed at the target can control the X-ray yield of specific wavelength by having two peaks and adjusting a peak intensity ratio or peak spacing.

[0020]

[Embodiment of the Invention] This invention is explained to a detail using an example below. The block diagram in which drawing 1 shows the configuration of the X-ray generator of this example, the conceptual diagram showing the example of the space phase distribution adjustment device in which drawing 2 is used for this example, the drawing in which the example of a time amount wave of a laser beam [in / in drawing 5 / a condensing location] is shown, the flow Fig. having shown a control flow [in / in drawing 4 / the equipment of this example], and drawing 5 are the conceptual diagrams showing another example of the space phase distribution adjustment device in_ which it uses for this example.

[0021] The X-ray generator of this example is equipped with the ultrashort light pulse laser generator 1, the space phase distribution adjustment device 3, a reflecting mirror 4, a lens 6, the target 7 set in the vacuum housing 9, X-ray spectrometer 10, the wave instrumentation 12, a data processor 13, and a control unit 14 as shown in drawing 1 . After carrying out wave-front phase distribution adjustment of the laser beam 2 generated with the ultrashort light pulse laser generator 1 by the space phase distribution adjustment device 3, the target 7 which supplied to the lens 6 with the reflecting mirror 4, and was set in the vacuum housing 9

is made to condense, and X-ray 8 is generated from the generated plasma.

[0022] It is prepared in the vacuum housing 9 so that X-ray spectrometer 10 may not become an obstacle to X-ray use, and X-ray intensity wavelength distribution of generated X-ray 8 is measured. Moreover, a reflecting mirror 4 has the property which penetrates a part of laser beam, and carries out incidence of the transmitted laser 11 to the wave measuring instrument 12 which measures a time change of a laser beam on the strength [optical].

[0023] The space phase distribution adjustment device 3 develops a laser beam to space, changes the effectual optical path length partially, and adjusts a time amount wave to a predetermined pattern. The space phase distribution adjustment device 3 shown in drawing 2 arranges two convex lenses (collimation lens) or concave mirrors 33 and 34 between one pair of diffraction gratings 31 and 32, and inserts the transparency mold optical elements 35, such as liquid crystal which serves as a spatial filter in the middle of the convex lens or a concave mirror. It shows the ultrashort light pulse laser which carries out incidence to a diffraction grating 31 with a reflecting mirror 36, and if the beam by which conversion was carried out by the diffraction grating 31 is made into the parallel flux of light with a convex lens 33, the so-called fourier side over which it is developed according to wavelength in the direction perpendicular to an optical axis, and a wavelength component is distributed spatially will be formed.

[0024] The transparency mold optical element 35 inserted in this fourier side adjusts space phase distribution by changing a refractive index for every part of the fourier side, and changing the effectual optical path length. For example, since a crystallized state changes with the electric fields to impress continuously, liquid crystal can adjust an optical refractive index for every part of a light transmission side by adjusting the applied voltage for every partition. the control signal with which the space phase distribution adjustment device 3 is given from a control unit 14 -- following -- for example, a long wave -- if the refractive index by the side of short wavelength is small enlarged for the refractive index by the side of merit and a difference is given to the pass time for every part, a laser beam will be made time for 2 minutes, a part of energy will precede, and a part of energy will come to be delayed.

[0025] It is made to converge on a diffraction lattice plane with a convex lens, and this flux of light is compounded by the again thin laser beam, and is injected on the same optical axis as an incident beam with a reflecting mirror, and a target 7 is made to condense it with a convergent lens 6. The time amount wave of the laser beam in a condensing location consists of a main pulse of the value P_m on the strength [optical] for which only time amount b was delayed to the precedence pulse and precedence pulse of the value P_s on the strength [optical], as shown in drawing 3.

[0026] A precedence pulse makes the front face of a target 7 generate the plasma, and raises the absorption efficiency of the energy of a main pulse. Moreover, when the energy of the ultrashort light pulse laser for one shot does not change, time amount holding proper plasma temperature can be lengthened more by adjusting the energy distributed to a precedence pulse and a main pulse. Moreover, the time interval b of both pulses affects the yield of an X-ray. Therefore, the wavelength component and reinforcement of an X-ray are automatically controllable by measuring the wavelength property of the X-ray generated with X-ray spectrometer 10, and adjusting the ratio of the value P_s of a precedence pulse on the strength [optical], and the value P_m of a main pulse on the strength [optical], and the time interval b of a pulse with a control unit 14 based on the result of having calculated the reinforcement of the X-ray of the wavelength needed with a data processor 13.

[0027] The control procedure in the X-ray generator of this example is roughly shown in drawing 4. X-ray intensity wavelength distribution of X-ray 8 which X-ray spectrometer 10 generated is measured, and a measurement result is transmitted to a data processor 13 (S1). A data processor 13 evaluates the X-ray spectrum corresponding to the purposes, such as reinforcement in predetermined wavelength, based on the measurement result of X-ray intensity distribution (S2). Furthermore, the amount which a control parameter should fluctuate based on an evaluation result is calculated. By supplying an indication signal to a control unit 14 (S3), a control unit's 14 operating the transparency mold optical elements 35, such as liquid crystal in the space phase distribution adjustment device 3, changing the optical path length for every part of the fourier side, and adjusting the phase of a laser beam wave, (S4), The time amount wave in target 7 front face which a laser beam condenses is adjusted, and it is made for wavelength distribution of the X-ray emitted from the plasma generated on the front face of a target 7 to become a desirable pattern.

[0028] Moreover, the wave instrumentation 12 measures the result of having adjusted the time amount wave of a laser beam by the optical element 35, and gives a measurement result to a data processor 13 (S5). By comparing the measurement result of an X-ray spectrum, and the time amount wave measurement result of a laser beam, a data processor 13 judges the time amount wave of a suitable laser beam, in order to acquire a

required X-ray property, and it generates the indication signal over the control unit 14 in the above-mentioned procedure S3 (S6).

[0029] When the effectual optical path length is changed to the fourier side for every part of the laser beam which carried out frequency expansion and it re-converges on it, the laser plasma X-ray generator of this example can be adjusted so that the time amount wave of a laser beam may have a precedence pulse and a main pulse, it can make a target able to generate the plasma beforehand, and can generate an X-ray efficiently. And since the optical intensity ratio and time interval of an X-ray property, the precedence pulse which governs an yield, and a main pulse can be adjusted easily, the measurement result by X-ray spectrometer can be fed back, and an X-ray output control can be performed automatically.

[0030] The X-ray intensity in a certain specific wavelength required in order to follow, for example, to use an X-ray can be detected, and it can adjust so that this may become max. In addition, the condition of having adjusted by the space phase distribution adjustment device 3 can be checked with the wave measuring instrument 12. The measurement result of a time amount wave of a laser beam analyzes relevance with X-ray intensity, and it uses it in order to make the optimal pulse period spacing and a pulse amplitude ratio. Furthermore, it is also possible to search for the optimal pulse amplitude ratio automatically using the control system which scans pulse period spacing sequentially as a parameter, for example.

[0031] In addition, even if the quality of the material, configuration, or surface treatment condition of a target is different, the X-ray generator of this example can optimize the space intensity distribution of a laser condensing beam in the same procedure, and can perform adjustment of the target X-ray on the strength. Moreover, although ultrashort light pulse laser was used in this example, when using other laser beams, it cannot be overemphasized that the completely same device is applicable. Furthermore, although the laser beam was extended to the fourier side by the diffraction grating and space phase distribution was adjusted in explanation of this example, space phase distribution adjustment may be performed to what only widened the flux of light.

[0032] Drawing 5 is a block diagram explaining the example of the space phase distribution adjustment device 3 in which the reflecting optical system which replaces with a transparency mold optical element and consists of a good deformation mirror was used, in this example. A good deformation mirror adjusts the electrical potential difference which can be located in a line in the shape of an array, and adds a laminating piezo-electric element to each piezo-electric element to the flesh side of the reflecting mirror plate which gave reflective coating to the front face of a thin quartz plate, for example, and it is made to make arbitration transform a mirror plane into it using an electrostrictive effect. In addition, there are good deformation mirrors, such as a bimorph mold and a membrane mold, besides this. The time amount which the effectual optical path length is changed and reaches a target can be adjusted by adjusting the irregularity of a reflector. If catoptric system is used, a laser beam with more strong energy can be treated.

[0033] As shown in drawing, the space phase distribution adjustment device 3 using a good deformation mirror serves as the parallel flux of light by which was introduced into the diffraction grating 41 with the reflecting mirror 46, and frequency decomposition was carried out in the direction perpendicular to an optical axis with the convex lens 43, and carries out incidence of the ultrashort light pulse laser to the good deformation mirror 45. The shape of surface type of the good deformation mirror 45 is formed in the configuration with a stage where the control unit 14 adjusted to arbitration for every part, for example, made the left-hand side part in drawing project, and the right-hand side part was retreated etc. The irregularity of 1mm of a good deformation mirror front face is equivalent to optical-path-length change which makes time amount change of about 6 ps(es). It converges on the diffraction lattice plane 42 with a convex lens 44, and the parallel flux of light reflected in the good deformation mirror 45 is emitted in the direction of the convergent lens which condenses laser on a target front face as a laser beam which had the original optical axis with the reflecting mirror 47.

[0034] Since the optical path lengths differ with the beam of light reflected on the front face made to project, and the beam of light reflected on the front face which retreated, the laser beam to which it is emitted from a reflecting mirror 47 and which is irradiated by the target will have a time amount wave with two peaks. Since the effect to X-ray intensity is observed from the time interval of Number fs, sufficient operation effectiveness has it by using a good deformation mirror. In addition, since the shape of surface type of a good deformation mirror can be chosen as arbitration, the reinforcement for every peak and the time interval between peaks can be adjusted to the time amount wave of a laser beam, or two or more peaks can be given.

[0035]

[Effect of the Invention] If the X-ray generator or the X-ray generating approach of this invention is used, when generating the plasma with laser and making an X-ray emit, adjustment of an X-ray on the strength

can be carried out, and the reinforcement of the X-ray of specific wavelength can be adjusted especially alternatively.

[Translation done.]

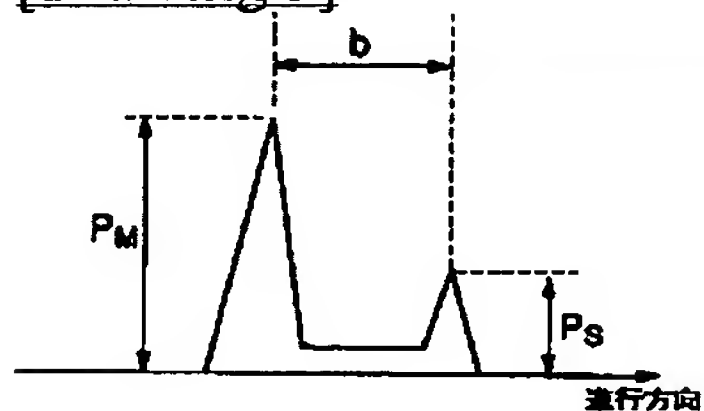
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

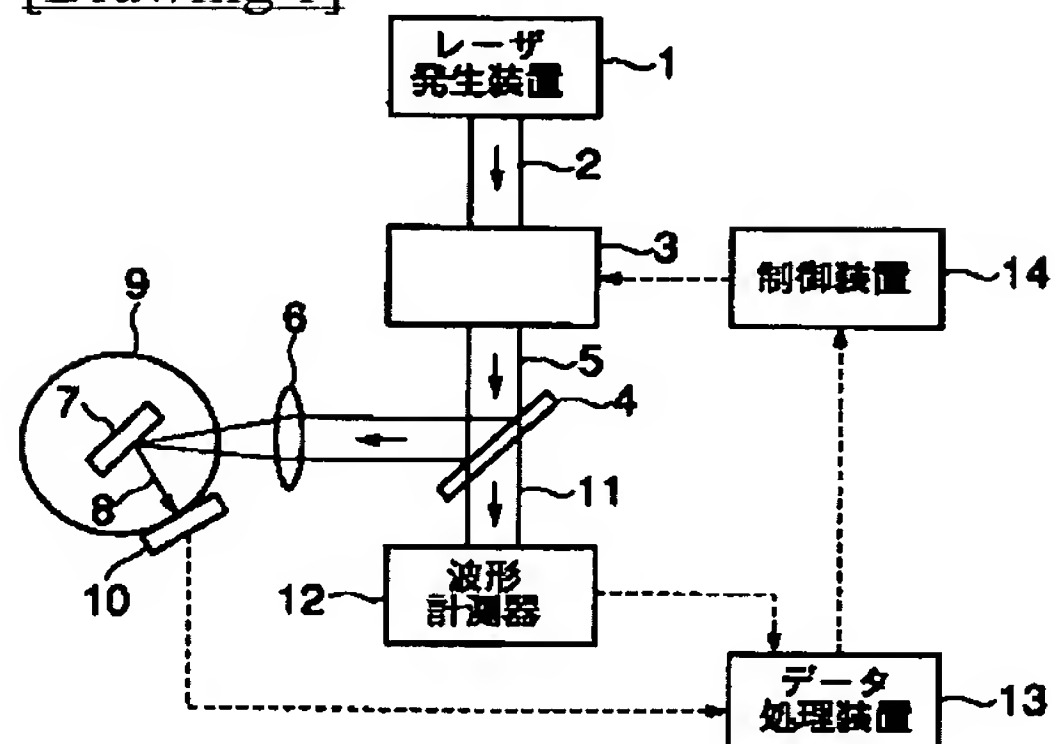
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

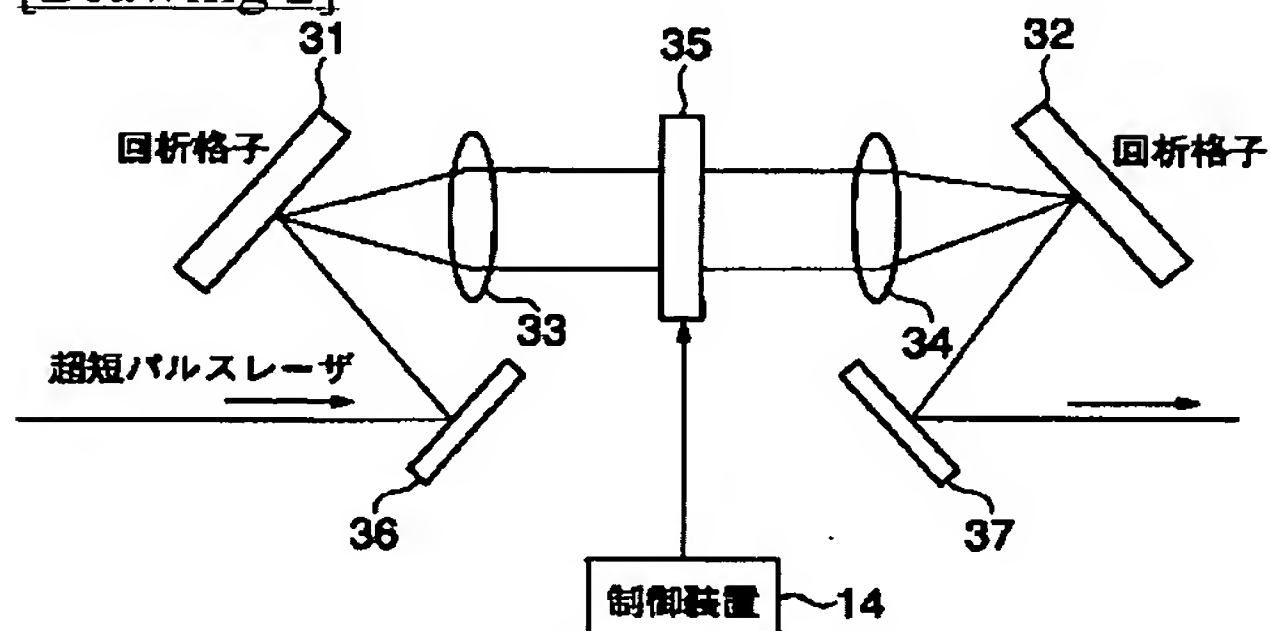
[Drawing 3]



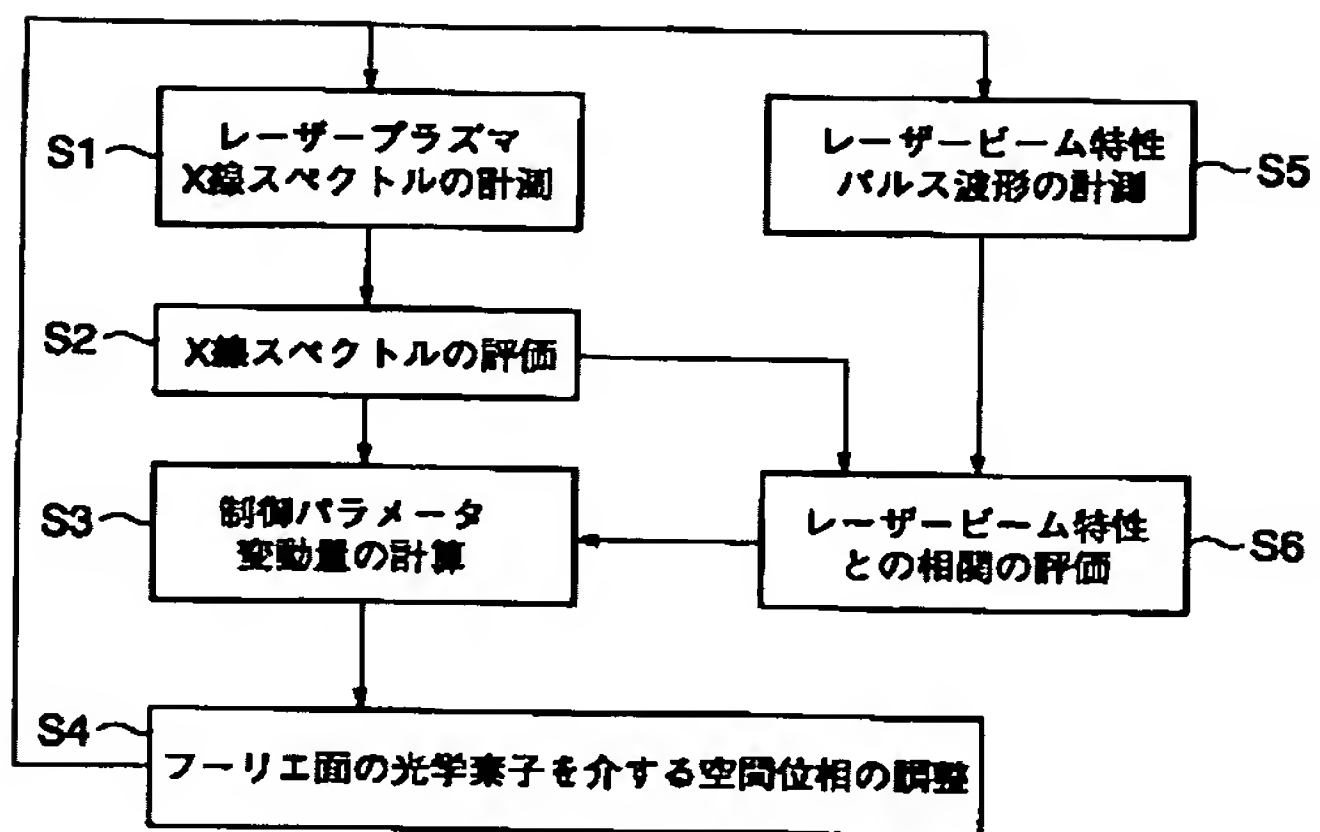
[Drawing 1]



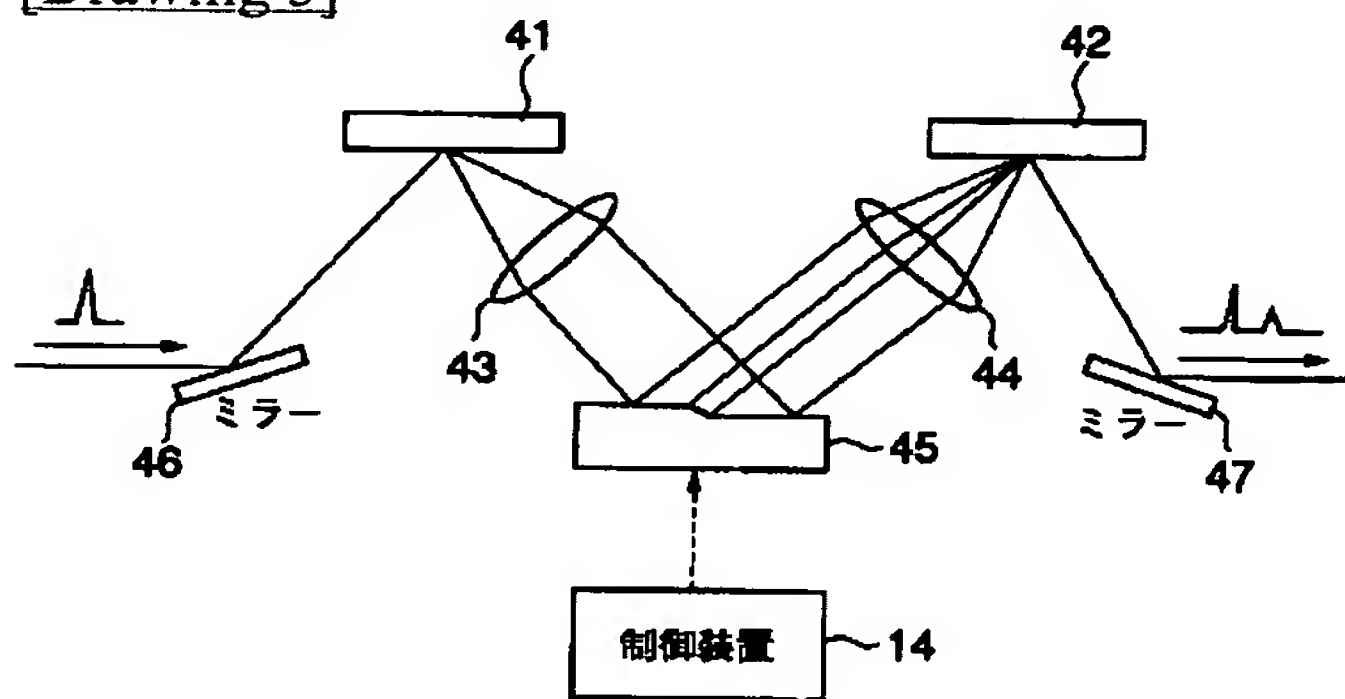
[Drawing 2]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Translation done.]